

**Prodn. of solder joints free from fluxing agent****Publication number:** DE19502746 (A1)**Publication date:** 1996-07-25**Inventor(s):** SALZBERG BERND-PETER DR [DE]**Applicant(s):** W & P WOLF & PARTNER GMBH [DE]**Classification:****- international:** *B23K1/00; B23K35/00; B23K1/00; B23K35/00;* (IPC1-7): B23K101/06; B23K103/10; B23K103/12; B23K1/00; B23K1/14; B23K35/38**- European:** B23K1/00M; B23K35/00B2**Application number:** DE19951002746 19950118**Priority number(s):** DE19951002746 19950118**Abstract of DE 19502746 (A1)**

Prodn. of fluxing agent-free solder joints between Cu(alloy) components and Al(alloy) components comprises producing the solder joints in air or protective gas and heating the higher melting joining partner by a known well controlled electrical heating process. On moving one of the joining partners towards the other, a melt is produced, which is used to fill the solder gap.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 195 02 746 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**B 23 K 1/00**  
B 23 K 1/14  
B 23 K 35/38  
// B23K 103/10,  
103/12, 101/06

②1 Aktenzeichen: 195 02 746.9  
②2 Anmeldetag: 18. 1. 95  
②3 Offenlegungstag: 25. 7. 96

DE 195 02 746 A 1

⑦1 Anmelder:  
W&P Wolf & Partner GmbH, 12489 Berlin, DE

⑦2 Erfinder:  
Salzberg, Bernd-Peter, Dr., 14482 Potsdam, DE

⑤4 Verfahren zum flußmittelfreien Löten von Kupfer-/Aluminiumverbindungen

⑤7 Das Löten von Bauteilen aus Kupfer oder Kupferlegierungen mit denen aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen erfolgt in der Regel unter Verwendung von Flußmitteln. Diese Flußmittel sind aggressiv und belasten die Umwelt. Des weiteren müssen die Flußmittelreste von der Fügestelle entfernt werden, weil sie in Verbindung mit wässrigen Lösungen eine Korrosion des Grundwerkstoffes verursachen. Aus diesen Gründen ist die metallverarbeitende Industrie mehr und mehr bemüht, flußmittelfreie Lötverfahren einzusetzen.  
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Es wird ein schnell regelbares elektrisches Erwärmungsverfahren angewandt. Entweder ein Verfahren, das ausschließlich für Bauteile aus Stahl und/oder Cr-Ni-Stahl entwickelt wurde (Salzberg, B.-Peter, Bogdahn, Heiner, Krell, Adolf; Verfahren zur Herstellung von Stumpferverbindungen, WP 3517024) und für die gestellte Aufgabe modifiziert wird, oder es wird das Prinzip der indirekten Erwärmung gewählt. Voraussetzung für das Fügeverfahren ist jedoch, daß die am Fügeprozeß beteiligten Metalle und Metallegierungen entsprechend ihrem Zustandsdiagramm eutektische Legierungen bilden können. Speziell erfolgt das Herstellen der Lötverbindung in der Art, daß der höher schmelzende Werkstoff durch die Widerstandserwärmung auf die Arbeitstemperatur gebracht wird. Die Erwärmung des anderen Fügepartners erfolgt durch Wärmeleitung. Dazu muß er zum ersten Partner einen guten Wärmekontakt besitzen. Bei ...

DE 195 02 746 A 1

## Beschreibung

## Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft ein flußmittelfreies Lötverfahren zur Herstellung von Verbindungen an Bauteilen aus Kupfer bzw. seinen Legierungen und Aluminium bzw. seinen Legierungen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösung

Das am häufigsten angewandte Verfahren für das Fügen von Bauteilen aus Kupfer und seinen Legierungen mit denen von Aluminium und Aluminiumlegierungen ist das Flammenlöten von Hand unter Verwendung von Flußmitteln. Diese Flußmittel besitzen eine niedrige Wirktemperatur und sind damit zwangsläufig aggressiv. Sie bestehen in der Regel aus Halogenverbindungen. In Deutschland werden jährlich mehr als 15 t fluoridhaltige Flußmittel verarbeitet. Die dadurch bedingte Abgabe fluoridhaltiger Substanzen an die Umwelt beträgt mehr als 1 t im Jahr. Fluoridhaltige Flußmittel sind gesundheitsschädlich. Der Hautkontakt ist zu vermeiden. Die Werkstatt und der Arbeitsplatz sind hinreichend zu lüften. Die Flußmittelreste erzeugen in Verbindung mit Feuchtigkeit eine Korrosion des Grundwerkstoffs und müssen deshalb vom Bauteil entfernt werden. Das stellt einen erhöhten betrieblichen Aufwand dar und belastet die Umwelt. Aus diesen Gründen ist die metallverarbeitende Industrie bemüht, Fügeverfahren einzusetzen, die keine Flußmittel benötigen. Moderne Lötverfahren in Schutzgasöfen bzw. in Vakuumöfen können die Lücke in der Verfahrenstechnik für das Löten von Bauteilen aus Kupfer mit aluminiumhaltigen Bauteilen auch nicht zufriedenstellend schließen. Zum einen verbietet sich bei sperrigen Rohrkonstruktionen wegen der geringen Packungsdichte ein Löten im Ofen aus wirtschaftlichen Gründen oder aus technischen Erwägungen, weil bei einem derartigen Fügeverfahren eine Entfestigung des gesamten Bauteils die Folge ist. Des weiteren verursacht die Anschaffung eines Ofens beträchtliche Investitionen.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Fügeverfahren für das Löten von Bauteilen aus Kupfer und Kupferlegierungen mit Bauteilen aus Aluminium und seinen Legierungen zu schaffen, bei dem der geräteechnische Aufwand gering gehalten und auf die Anwendung von Flußmitteln verzichtet werden kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Es wird ein schnell regelbares elektrisches Erwärmungsverfahren angewandt. Entweder ein Verfahren, das ausschließlich für Bauteile aus Stahl und/oder Cr-Ni-Stahl entwickelt wurde (Salzberg, B.-Peter, Bogdahn, Heiner, Krell, Adolf: Verfahren zur Herstellung von Stumpfverbindungen, WP 35 17 024) und für die gestellte Aufgabe modifiziert wird, oder es wird das Prinzip der indirekten Erwärmung gewählt. Voraussetzung für das Fügeverfahren ist jedoch, daß die am Fügeprozeß beteiligten Metalle und Metallegierungen entsprechend ihrem Zustandsdiagramms eutektische Legierungen bilden können.

Bei der Widerstandserwärmung wird die zum Löten

notwendige Löttemperatur entweder direkt in der Lötstelle oder in Kohleelektroden durch einen hinreichend großen Strom im Sekundärstromkreis eines Transformators erzeugt. Speziell erfolgt das Herstellen der Lötverbindung in der Art, daß der höher schmelzende Werkstoff durch die Widerstandserwärmung auf die Arbeitstemperatur gebracht wird. Die Erwärmung des anderen Fügepartners erfolgt durch Wärmeleitung. Dazu muß er zum ersten Partner einen guten Wärmekontakt besitzen. Bei Erreichung der Solidustemperatur des niedrigschmelzenden Fügepartners wird ein Fügepartner mechanisch gegen den anderen Partner bewegt. Dadurch werden die Oxidschichten der Fügepartner beseitigt und es kommt zu einer Legierungsbildung der Elemente z. B. Aluminium und Kupfer oder Aluminium und Zink. Die entstehende flüssige Phase besitzt eutektischen Charakter und hat ihren Liquiduspunkt entweder im eutektischen Punkt bei 548°C oder etwas höher (beim System Al-Cu). Die Einstellung der Liquidustemperatur der flüssigen Phase hängt von den am Fügeprozeß beteiligten jeweiligen Schmelzraten ab. In jedem Fall ist die Liquidustemperatur der entstehenden flüssigen Phase niedriger als die des niedrigschmelzenden Fügepartners. Die entstehende Schmelze füllt infolge der Kapillarwirkung den Lötspalt aus und ist deshalb ein Lot. Die so hergestellten Nahtqualitäten sind reproduzierbar. Der Lötter hat kaum einen Einfluß auf die Qualität der Verbindung. Für den Fügeprozeß ist zweckmäßigerweise eine Vorrichtung zu verwenden, die bewirkt, daß die während der Erwärmungsphase infolge der Wärmedehnung der Bauteile die entstehenden Kräfte so in der Art auf die Fügestelle wirken, daß die Oxidschichten beseitigt und die spröden Phasen aus der Verbindung herausgedrückt werden. Die oben beschriebenen Lötverbindungen sind ohne die Anwendung von Flußmitteln in einer Schutzgasatmosphäre (Argon 99,995 oder Stickstoff in ähnlicher Reinheit) herstellbar. Überraschenderweise konnten auch Lötverbindungen in einer gleich guten Qualität ohne Schutzgasatmosphäre an der Luft hergestellt werden. Verantwortlich hierfür sind wahrscheinlich

1. die Wärmeleitung: durch die Erzeugung der Wärme in der Lötstelle wird der Luftsauerstoff aus dem Spalt entfernt
2. die mechanische Bewegung der Fügepartner zueinander: durch die Bewegung der Fügepartner werden die Oberflächenoxide entfernt
3. die entstehende flüssige Phase im Spalt: durch sofortige Füllung des Spaltes wird eine Reoxidation der Spaltoberflächen nicht zugelassen.

Günstige Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Verfahrensschritte sind im kennzeichnenden Teil der Unteransprüche aufgeführt.

## Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll anschließend an drei Ausführungsbeispielen erläutert werden.

## 1. Beispiel

Ein Rohr aus Kupfer der Abmessung 4 mm x 1 mm soll mit einem Rohr aus AlMn1 der Abmessung 2 mm x 1 mm ohne Anwendung von Hilfsmitteln für die Beseitigung der Oxidschichten an der Luft verlötet werden. Die Lötung wird als Einsteckverbindung ausgeführt.

Hierzu sind folgende Verfahrensschritte notwendig:

- Trennen der Rohre in etwa senkrecht zur Rohrachse
- Entfetten bzw. Reinigen der am Lötprozeß beteiligten Bauteile, so daß diese den Erfordernissen des Lötens entsprechen
- Einspannen des Kupferrohres in eine Lötvorrichtung in der Art, daß die elektrische Ankopplung über zwei an den Außendurchmesser angebrachte Lötadapter erfolgt (das Kupferrohr ist Bestandteil des Sekundärstromkreises)
- mechanische Ankopplung des Aluminiumrohres an das Kupferrohr (Aluminiumrohr ist nicht Bestandteil des Sekundärstromkreises und wird nicht elektrisch sondern durch Wärmeleitung erwärmt)
- Einschalten des Erwärmungsprozesses
- Mit dem Aluminiumrohr leicht gegen das sich aufheizende Kupferrohr drücken. Bei Arbeitstemperatur läßt sich das Aluminiumrohr in das Kupferrohr einschieben. Die Elemente Kupfer und Aluminium bilden bei Löttemperatur eine Legierung mit eutektischem Charakter. Durch die jeweiligen Schmelzraten wird bestimmt, ob diese Legierung über/oder untereutektisch wird oder ob sich sogar eine eutektische Legierung bildet. Für den Lötprozeß ist der Legierungscharakter egal. In jedem Falle bildet sich ein Lot, das beide Fügepartner qualitätsgerecht verlötet.
- Tritt aus der Verbindungsstelle das flüssige Lot hervor, dann wird der Lötprozeß beendet.

Zum Lötten kann auch eine Lötvorrichtung verwendet werden. Die Vorrichtung sollte so beschaffen sein, daß das Aluminiumrohr, z. B. mittels Druckfeder, gegen das Kupferrohr gedrückt wird. Damit läßt sich die Einstecktiefe reproduzierbar gestalten. Eine weitere Verbesserung der Löttechnologie ist durch eine automatische Prozeßgestaltung zu erreichen. Zu diesem Zweck ist die Lötteinrichtung mit einer SPS oder einem Industrie PC auszurüsten. Durch die Verwendung eines Zeit/Stromgesetzes besteht die Möglichkeit einer automatischen Unterbrechung des Lötprozesses. Dazu wird nach einer frei gewählten Zeit der Lötstrom gemessen und einer Abschaltzeit zugeordnet, die aus statistischen Untersuchungen ermittelt wurde.

## 2. Beispiel

Rohre aus Messing der Abmessung 10 mm × 2 mm sollen mit einem Rohr der Abmessung 6 mm × 1 mm aus Al 99,5 mittels direkter elektrischer Widerstandserwärmung unter Schutzgas Argon 4,6, Formiergas oder Stickstoff gefügt werden. Die hierzu notwendigen Verfahrensschritte stimmen in bezug auf die Vorbehandlung der Fügestelle mit dem Beispiel 1 überein. Folgende Arbeitsverrichtungen sind vorzunehmen:

- Trennen der Rohre in etwa senkrecht zur Rohrachse
- Entfetten bzw. Reinigen der am Lötprozeß beteiligten Bauteile, so daß diese den Erfordernissen des Lötens entsprechen.
- Einspannen des Messingrohres in eine Lötvorrichtung in der Art, daß die elektrische Ankopplung über zwei an den Außendurchmesser angebrachte Lötadapter erfolgt (das Messingrohr ist Bestandteil des Sekundärstromkreises).

- mechanische Ankopplung des Aluminiumrohres an das Messingrohr (das Aluminiumrohr ist nicht Bestandteil des Sekundärstromkreises des Transformators und wird nicht elektrisch sondern durch Wärmeleitung erwärmt).
- Einleiten des Schutzgases in das Messingrohr,
- Einschalten des Erwärmungsprozesses.
- Das Aluminiumrohr wird leicht gegen das sich aufheizende Messingrohr gedrückt. Bei Arbeitstemperatur läßt sich das Aluminiumrohr in das Messingrohr einschieben. Die Elemente Zink und Aluminium bilden bei Löttemperatur eine Legierung mit eutektischem Charakter.
- Tritt aus der Verbindungsstelle das flüssige Lot hervor, dann wird die Wärmezufuhr unterbrochen.
- Abstellen des Schutzgasstromes.

## 3. Beispiel

Ein Kupferflachmaterial der Abmessung 100 mm × 10 mm × 4 mm soll mit einem Würfel der Kantenlänge 5 mm aus AlMgSi1 mittels direkter elektrischer Widerstandserwärmung an der Luft und unter Verwendung einer Lötvorrichtung gelötet werden. Dazu sind die gleichen Vorbehandlungen der Fügestelle erforderlich, wie sie im 1. oder 2. Beispiel schon beschrieben worden sind.

- Entfetten bzw. Reinigen der am Lötprozeß beteiligten Bauteile, so daß diese den Erfordernissen des Lötens entsprechen.
- Einspannen des Kupferflachmaterials in eine Lötvorrichtung in der Art, daß die elektrische Ankopplung über zwei an den Außendurchmesser angebrachte Lötadapter erfolgt (das Kupferflachmaterial ist Bestandteil des Sekundärstromkreises).
- mechanische Ankopplung des Aluminiumwürfels an das Kupferflachmaterial (der Aluminiumwürfel ist nicht Bestandteil des Sekundärstromkreises und wird nicht elektrisch sondern durch Wärmeleitung erwärmt).
- Einschalten des Erwärmungsprozesses.
- Mit dem Aluminiumwürfel leicht gegen das sich aufheizende Kupferflachmaterial drücken. Bei Arbeitstemperatur wird der Aluminiumwürfel mittels Vorrichtung leicht hin und her bewegt. Die Elemente Kupfer und Aluminium bilden bei Löttemperatur eine Legierung mit eutektischem Charakter. Die entstandene Schmelze füllt den Lötspalt aus und führt zu einer qualitätsgerechten Verbindung.
- Tritt aus der Verbindungsstelle das flüssige Lot hervor, dann wird der Lötprozeß beendet. Die Beendigung des Erwärmungsprozesses läßt sich mittels Temperaturmessung oder durch die Anwendung eines Strom/ Zeitgesetzes (bei Verwendung eines PCs oder einer SPS) vornehmen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von flußmittelfreien Lötverbindungen zwischen Bauteilen aus Kupfer bzw. Kupferlegierungen und Bauteilen aus Aluminium bzw. Aluminiumlegierungen, dadurch gekennzeichnet, daß die Lötverbindungen an der Luft oder unter einem Schutzgas hergestellt werden und der höher schmelzende Fügepartner durch ein bekanntes gut regelbares elektrisches Erwärmungsverfahren soweit erwärmt wird, daß bei Bewegung eines Fügepartners gegen den anderen ei-

- ne Schmelze entsteht, die zum Ausfüllen des Lötspaltes verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fügestelle durch das Prinzip der direkten oder indirekten elektrischen Widerstandserwärmung erwärmt wird. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß als Schutzgas Argon 4.6, Formiergas oder Stickstoff mit ähnlicher Reinheit Verwendung findet. 10
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß als Kriterium zur Bestimmung des Zeitpunktes für die Beendigung der Wärmezufuhr das Sichtbarwerden der Schmelze verwendet wird. 15
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Zeitpunktes für die Beendigung der Wärmezufuhr an der Fügestelle die Temperatur im Bereich der Fügestelle gemessen wird. 20
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß die Lötleinrichtung mit einer SPS oder einem Industrie PC ausgerüstet ist und dadurch der Zeitpunkt für die Beendigung der Wärmezufuhr durch Verwendung eines Zeit/ Stromgesetzes durch Zuordnung der Abschaltzeit zum gemessenen Strom während des Lötprozesses. 25
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Bauteile in einer Vorrichtung gelötet werden, die die Bewegung eines Fügepartners gegen den anderen ermöglicht. 30
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, daß eine Lötvorrichtung verwendet wird, die durch federnde Elemente eine reproduzierbare Abschmelzrate der am Fügeprozeß beteiligten Fügepartner erreicht. 35

40

45

50

55

60

65